

UN COMPORTEMENT PARTICULIER DU *SCHIZYMENIA DUBYI* DE SICILE, ET INTERPRÉTATION DU CAS DU *SCHIZYMENIA EPIPHYTICA* (GIGARTINALES, RHODOPHYCEAE)

Giuseppina ALONGI et Mario CORMACI

Istituto e Orto Botanico dell'Università, Via A. Longo 19
95125 Catania, Italie.

RÉSUMÉ - *Schizymenia dubyi* des côtes nord orientales de la Sicile présente souvent des tétrasporophytes en forme de disques, implantés sur les gamétophytes. Ces tétrasporophytes qui se forment sur la lame foliacée du *S. dubyi*, suite à la germination *in situ* des carpospores, sont décrits. La comparaison de ces formations discoïdes avec celles du *Schizymenia epiphytica* permet d'écarter cette espèce du genre *Schizymenia* et de la rattacher au genre *Opuntella*, comme l'avait déjà proposé Kylin (1941).

ABSTRACT - *Schizymenia dubyi* from Eastern coast of Sicily often shows disciform tetrasporophytes growing on gametophytic thalli. They derive from *in situ* germination of carpospores. The comparison with disciform tetrasporophytes of *Schizymenia epiphytica*, supports Kylin's (1941) hypothesis that the latter species should be referred to the genus *Opuntella*.

MOTS CLÉS : *Schizymenia dubyi*, *Schizymenia epiphytica*, *Haematocelis*, *Opuntella*, germination *in situ*, cycle de développement.

KEY WORDS : *Schizymenia dubyi*, *Schizymenia epiphytica*, *Haematocelis*, *Opuntella*, germination *in situ*, life history.

INTRODUCTION

Le *Schizymenia dubyi* (Chauvin ex Duby) J. Agardh n'était connu dans la nature à l'état fertile que par ses gamétophytes. Son cycle biologique est demeuré longtemps inconnu.

Chemin (1937) qui avait remarqué que, dans la nature, les lames étaient fixées sur un petit disque, a obtenu en culture à partir des carpospores des disques pouvant atteindre 4mm de diamètre. Les carpospores mises en culture par Codomier (1981) se sont développées en disques hémisphériques pluristratifiés qui ont donné naissance à la fronde foliacée, ce qui a conduit cet auteur à supposer que le cycle de cette espèce était haplobiontique.

L'implication d'un tétrasporophyte connu sous le nom d'*Haematocelis rubens* J. Agardh a ensuite été proposée: Ardré (1977) ayant observé dans la nature que les lames foliacées gamétophytiques naissaient d'un thalle rampant de type *Hamaetocelis*,

porteur parfois de tétrasporocystes zonés, a supposé que *Haemacocelis rubens* constituait la génération tétrasporophytique du *Schizymenia dubyi*. Deux études ont permis de confirmer cette hypothèse. D'une part, Sciuto *et al.* (1979) ont retrouvé chez *H. rubens* l'acide pyrrolidine 2,5-dicarboxylique, métabolite particulier découvert chez le *S. dubyi* (Impellizzeri *et al.*, 1975), mais qui est absent chez une cinquantaine d'autres espèces de Floridées. D'autre part, les cultures réalisées à partir de matériel récolté dans la nature ont confirmées que l'*Haemacocelis* constituait bien la génération tétrasporophytique du *Schizymenia* (Ardré, 1980). Fondamentalement ce cycle serait trigénétiq ue hétéromorphe et haplodiphasique.

Ce même cycle se retrouve également chez le *Schizymenia pacifica* des côtes de l'Amérique du Nord (DeCew *et al.*, 1922a). Ces auteurs avancent l'hypothèse que *S. pacifica* et *S. dubyi* pourraient être conspécifiques.

La découverte dans la nature de thalles foliacés de *S. dubyi*, portant, directement plaqués sur les frondes, des thalles discoïdes semblables à *H. rubens*, évoque le *Schizymenia epiphytica* (Setchell et Lawson) Smith et Hollenberg (1943).

S. epiphytica ■ fait l'objet d'interprétations diverses selon les auteurs. Tout d'abord Setchell & Lawson (in Setchell, 1905) décrivent *Peyssonneliopsis epiphytica* comme un parasite pourvu de tétrasporocystes zonés sur des frondes de *Callymenia sp.* (distribué dans Phycologia Boreali Americana sous le n° 1049); pour ces auteurs il s'agit donc de deux entités autonomes. Kylin (1941), se fondant sur l'étude du n° 1049 du P.B.A., identifie l'hôte comme *Opuntiella californica* (Farlow) Kylin et suppose que le *Peyssonneliopsis* pourvu, comme son hôte, de cellules glandulaires, serait probablement le tétrasporophyte inconnu jusqu'alors de *O. californica*. Dès 1936, Gardner avait suggéré une opinion semblable: *P. epiphytica* serait une fructification de l'algue hôte foliacée (in Smith & Hollenberg, 1943); ces auteurs se rallient à l'hypothèse de Gardner mais, après examen des premiers stades du développement du carposporophyte (n° 1049 du P.B.A.), estiment qu'il serait plus étroitement apparenté au genre *Schizymenia* qu'au genre *Opuntiella*. A côté de ces suggestions, Smith (1944) puis Abbott & Hollenberg (1976) stipulent, dans la description du genre *Opuntiella*, que les tétrasporocystes zonés se situent juste sous la surface des lames. Plus tard Kylin (1956), dans la description du genre *Opuntiella*, cite Smith (1944) qui a affirmé que les tétrasporocystes zonés se rencontrent sur la lame, mais il maintient que *Peyssonneliopsis* représente ■■ doute le tétrasporophyte de *O. californica* (Kylin, 1941), tout en indiquant que Smith & Hollenberg (1943) ont regroupé *Peyssonneliopsis* et son hôte supposé sous le nom de *Schizymenia epiphytica*.

Récemment DeCew *et al.* (1992b) ont élucidé par des cultures le cycle de *O. californica*: les carpospores se développent ■ un thalle encroûtant, pourvu de cellules glandulaires et de tétrasporocystes zonés, identique au *Cruoria profunda* Dawson souvent associé à *O. californica* dans la nature.

L'étude comparative des thalles en croûte portés par les *S. dubyi* de Sicile et le *S. epiphytica* permettra de conclure si le rapprochement entre ces deux algues peut être justifié.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Des thalles du *S. dubyi* (Fig. 1), portant sur les frondes foliacées des structures discoïdes semblables à *H. rubens*, ont été récoltés par les auteurs à plusieurs reprises le long des côtes orientales de Sicile: déjà, en juin 1985 à Capo Molini, puis en juin 1990, enfin en juin 1991 en cette même place. Les thalles s'y trouvaient par 0,5 m de

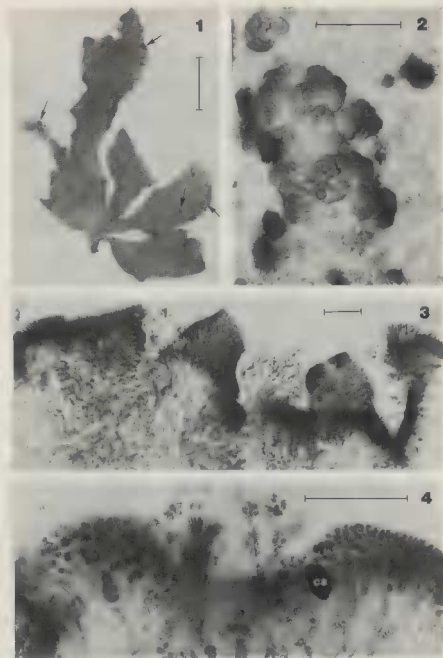
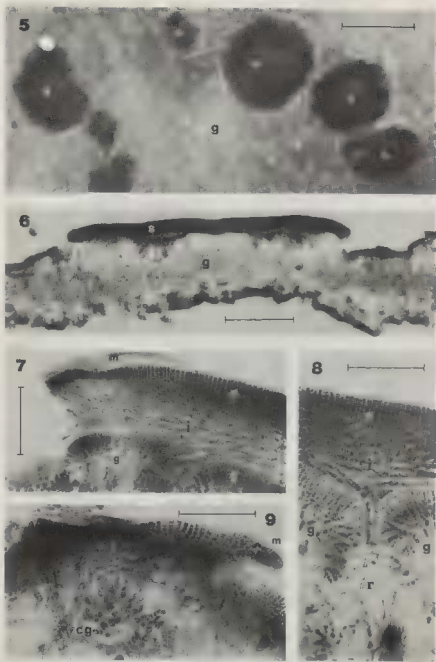


Fig. 1-4: *Schizymenia dubyi*. Fig. 1: Thalle gamétophytique avec des tétrasporophytes épiphytes (flèches). Fig. 2: région fertile mâle, vue de dessus. Fig. 3: coupe transversale au niveau de la région fertile mâle. Fig. 4: détail de filaments spermatangiaux. (cs) cellule sécrétrice.
 Le trait d'échelle représente 2 cm (Fig. 1), 0,5 cm (Fig. 2), 100 μ m (Figs 3, 4).



fond dans un peuplement de *Pterocladia capillacea* (Gmelin) Bornet in Bornet et Thuret, *Gigartina acicularis* (Roth) Lamouroux et *Corallina elongata* Ellis et Solander et fixés en grand nombre sur des blocs arrondis, de nature volcanique, qui caractérisent les fonds de l'infralittoral supérieur d'une portion étendue de la côte au Nord de Catane. Des thalles semblables, récoltés à Pozzillo (Catane) en juillet 1974, ont été retrouvés parmi les exemplaires d'herbier.

Le matériel, conservé en eau de mer formolée à 2,5%, a été sectionné au microtome à congélation et coloré extemporanément, pour les observations et la photographie, avec du Lugol. Des fragments du *S. dubyi*, portant des thalles discoïdes de *H. rubens* au stade initial de son développement (disques de moins de 0,3 mm de diamètre) ont été coupés à la main, colorés avec une solution de bleu d'aniline (1%), HCl 1N (3%), et montés au Karo à 50% d'eau de mer.

Des thalles du *S. dubyi*, portant des *H. rubens*, recueillis dans les mêmes stations en juin 1990 et 1991, ont été mis en culture pour suivre la libération et la germination des carpospores. Ces cultures ont été entretenues sur milieu de Von Stosch à 50% d'eau de mer, à la température de 18°C \pm 1 et placés en lumière artificielle fournie par des tubes fluorescents (Sylvania, type cool-white) sous une intensité de 1000 lx environ, selon une photo-période de 12/12.

Nous avons étudié aussi le matériel type du *Schizymenia epiphytica* (UC 94971, Pacific Grove, Monterey Co., California) ainsi que des thalles de la même espèce provenant des côtes californiennes et conservés dans l'herbier de l'Université de Berkeley sous le nom de *Peyssonneliopsis epiphytica*: UC Jar 30 vial 7, Carmel Bay 9-18/05/1933, Gardner 7298; UC Jar 62 vial 1, Moss Beach, Carmel, California 1/08/1948 coll. L. Eubank; UC Jar 70, cast shore, Bird Rocks near Pacific Grove, Monterey Co., California 27/04/1950, coll. D. Erskine.

OBSERVATIONS

Schizymenia dubyi de Sicile

Tous les thalles recueillis sont des gamétophytes monoïques. Ces individus présentent, dans la région subcorticale, des rameaux carpogoniaux ainsi que des gonimoblastes à différents stades de développement et, à la surface de la lame, des aires verruqueuses (Fig. 2), par suite de l'allongement des cellules subcorticales, qui correspondent à des organes mâles. Sur les cellules terminales de ces filaments (Fig. 3 et 4) se forment des spermaties (environ 3 μ m de diamètre), en nombre variable de deux à plusieurs.

Nous disposons de peu d'observations sur les organes reproducteurs mâles du genre *Schizymenia*. Tazawa (1975: 124, fig. 21) décrit de façon suffisamment détaillée les sores de

Figures 5-9: Sporophyte encroissant (s) du *Schizymenia dubyi* sur la lame gamétophytique (g). Fig. 5: Sporophytes, vue de dessus. Fig. 6: Section transversale d'un sporophyte sur la lame gamétophytique. Fig. 7: Section transversale du sporophyte, à la marge du disque. Fig. 8: Section transversale du sporophyte, au centre du disque. Fig. 9: Section transversale de la lame du *S. dubyi* montrant des carpospores germées *in situ* (cg) et un sporophyte en formation. Strate mucilagineuse marginale (m), filaments du périthalle (p), filaments de l'hypothalle (i), filament rhizoïdaux (r).

Le trait d'échelle représente 2 mm (Fig. 5), 0,5 mm (Fig. 6), 100 μ m (Fig. 7, 8, 9).

spermatocystes du *S. dubyi* du Japon. Ardré (1977: 77, Pl. II, fig. 6) décrit ces sores comme: "plages claires sur les deux faces, dans des parties relativement jeunes"; par la suite Ardré (1980: 116, Pl. 3, fig. 16) décrit aussi l'origine de ces spermatocystes: "ils naissent des cellules corticales superficielles". Dixon & Irvine (1977) aussi décrivent les spermatocystes chez *S. dubyi* d'Angleterre comme: "spermatangia in large superficial sori". Enfin, DeCew *et al.* (1992a) publient, mais sans commentaire, une figure des spermatocystes du *S. pacifica* (p. 363, fig. 23). Toutes ces descriptions et figures sont parfaitement comparables mais ne semblent toutefois pas correspondre aux spermatocystes que nous avons observés et que nous décrivons dans ce travail. Selon Abbot (1967) le *S. dubyi* du Japon est à rapporter à *S. pacifica*; DeCew *et al.* (1992a) supposent que *S. dubyi* et *S. pacifica* sont conspécifiques. L'étude comparative des *S. pacifica*, *S. dubyi* de l'Atlantique et de la Méditerranée serait souhaitable pour éclaircir l'identité de ces algues.

Certains de ces thalles montrent à leur surface de petits disques (Fig. 5) fortement colorés en rouge, sauf une étroite zone marginale plus claire de nature mucilagineuse qui est bien visible en section transversale (Fig. 7). Le diamètre de ces disques varie de quelques centaines de micromètres à 2-3 mm. Presque parfaitement circulaires lorsqu'ils sont isolés, ils deviennent plus ou moins lobés lorsqu'en s'accroissant, ils entrent en contact avec d'autres disques. Aucun de ces disques n'a été trouvé fertile.

En section transversale (Fig. 6) ces disques, dont l'épaisseur varie de 100 à 200 µm, montrent trois types de filaments cellulaires (Figs 7-8): (i) des filaments hypothalliens horizontaux, à cellules longues de 3-5 fois leur diamètre, qui se développent à la surface de la lame; (ii) des filaments périthalliens verticaux, à cellules longues de 1-2 fois leur diamètre, qui se forment à partir des filaments hypothalliens; (iii) des petits faisceaux de filaments rhizoïdaux à cellules très allongées qui se forment à partir des filaments hypothalliens et pénètrent parmi les cellules corticales du thalle pour rejoindre la région médullaire (Fig. 8).

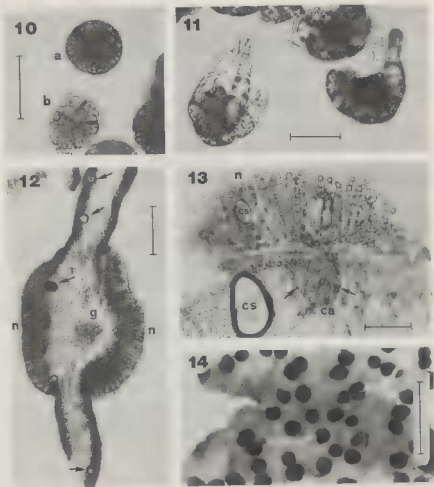
Cette structure est parfaitement semblable à celle des thalles d'*Haematocelis rubens* qu'on retrouve fertiles à l'état épilithe dans les mêmes stations (Cormaci *et al.*, 1976; Sciuto *et al.*, 1979).

Au-dessous des jeunes disques (Fig. 9), de moins de 0,5 mm de diamètre, on observe, dans l'épaisseur de la lame, plusieurs carpospores germées *in situ* dont les filaments croissent vers une des faces du thalle, traversent la médulla et le cortex et donnent naissance aux disques à la surface de la lame.

Dans le but de vérifier si les carpospores formées sur des thalles portant des disques peuvent également germer en dehors du thalle gamétophytique, nous avons conduit des observations en culture. Quelques heures après la mise en culture, la libération d'une quantité considérable de carpospores avait lieu. Plusieurs d'entre elles montraient les premières divisions (Fig. 10) selon le schéma observé et décrit par Chemin (1937) et par DeCew *et al.* (1922a). Quatre jours plus tard, après des divisions ultérieures, les plantules ont pris la forme d'amas subsphériques (Fig. 11) à partir desquels se sont développés des filaments qui ressemblent, par la forme et la taille de leurs cellules, à ceux qui se forment chez le *S. dubyi* lors de la germination *in situ* des carpospores.

Observations du *Schizymania epiphytica*

L'étude de échantillons du *Schizymania epiphytica* provenant des côtes californiennes nous a permis de confirmer les observations sur l'origine de la génération tétrasporophytique de cette espèce (Smith & Hollenberg, 1943). En effet, dans l'épaisseur de lame on ne trouve pas de gonimoblastes avec des carpospores mais



Figures 10-14. - Figs 10-11: *Schizymentia dubyi*. Fig. 10: carpospores 24 heures après leur émission. Carpospore avant la division (a), carpospore après les premières divisions (b). Fig. 11: plantules âgées de 5 jours issues de la germination des carpospores. Figs 12-14: *Schizymentia epiphytica*. Fig. 12: section transversale de la lame gamétophytique montrant deux némathécies mûres (n); gonimoblastes (g); cellules sécrétrices (flèches). Fig. 13: détail montrant une cellule auxiliaire volumineuse (ca) entourée de filaments gonimoblastiques (flèche) qui donnent naissance à la némathécie (n); tétrasporocystes (t); cellules sécrétrices (cs). Fig. 14: lame avec des némathécies mûres, vue de dessus. Le trait d'échelle représente 30 μ m (Figs 10, 11), 250 μ m (Fig. 12), 50 μ m (Fig. 13), 4 mm (Fig. 14).

seulement des filaments cellulaires qui semblent se former à partir de la cellule auxiliaire (Fig. 13).

Il est à noter que les disques tétrasporifères sont toujours présents sur les deux faces de la lame (Fig. 12), le développement de ces disques étant parfois à des stades de maturité un peu différents (Fig. 14). Ces structures ne semblent pas se former de façon accidentelle par la germination *in situ* des carpospores, comme chez le *S. dubyi*, mais bien par la prolifération de filaments vers les deux faces de la lame à partir, semble-t-il, de la cellule auxiliaire.

DISCUSSION ET CONCLUSION

D'après ces observations on peut admettre que, chez *S. dubyi*, les carpospores peuvent, dans certains cas, germer *in situ*, produisant à la surface du gamétophyte un petit tétrasporophyte encroûtant. Cette particularité, bien qu'intéressante, est mineure et ne modifie en rien le cycle trigénétiq ue hétéromorphe de cette espèce qui, normalement, présente un tétrasporophyte libre (Ardré, 1980).

Le tétrasporophyte (stade *Haematocelis*) ne comporte pas de cellules glandulaires chez *S. dubyi* (Ardré, 1977, 1980) ni chez *S. pacifica* (DeCew *et al.*, 1992a); il est par conséquent bien différent des némathécies du *S. epiphytica* qui comportent des cellules glandulaires volumineuses. Le *S. epiphytica* doit donc être écarté du genre *Schizymenia*. Par contre ses némathécies présentent de grandes analogies avec les tétrasporophytes encroûtants pourvus des cellules glandulaires d'*O. californica* (DeCew *et al.*, 1992b).

L'hypothèse de Kylin (1941) se révèle donc exacte: le *Peyssonneliopsis* constitue le tétrasporophyte d'*Opuntia californica*, ou d'un *Opuntia* non décrit (Kylin *in litt.*, Smith & Hollenberg, 1943). Le tétrasporophyte du cycle d'*Opuntia* pourrait, en certaines circonstances, se développer directement sur le gamétophyte à partir des cellules auxiliaires.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Mme le Prof. F. Ardre pour les conseils précieux qu'elle a bien voulu nous donner; le Prof. T. Duncan et le Prof. P.C. Silva, respectivement Directeur et Conservateur de l'Herbier de l'Université de Berkeley (Californie), pour le prêt de l'holotype du *Schizymenia epiphytica*. Ce travail a été réalisé avec la contribution du MURST.

BIBLIOGRAPHIE

- ABBOTT I.A., 1967 - Studies in the foliose red algae of the Pacific coast. II *Schizymenia*. *Bull. South Calif. Acad. Sci.*, 66: 161-174.
- ABBOTT I.A. & HOLLENBERG G.J., 1976 - *Marine algae of California*. Stanford University Press. 827 p.
- ARDRE F., 1977 - Sur le cycle du *Schizymenia dubyi* (Chauvin ex Duby) J. Agardh (Némastomacée, Gigartinales). *Rev. Algol.* 12: 73-86.
- ARDRE F., 1980 - Observations sur le cycle de développement du *Schizymenia dubyi* (Rhodophycée, Gigartinales) en culture, et remarques sur certains genres de Némastomacées. *Cryptogamie, Algol.* 1: 111-140.
- CHEMIN E., 1937 - Le développement des spores chez les Rhodophycées. *Rev. Gén. Bot.* 49: 205-364.
- CODOMIER L., 1981 - On the development of a foliose rhodophyte, *Schizymenia dubyi* (J. Ag.) Chauvin. *Proceeding eighth Intern. Seaweed Symposium*, Bangor 17-24/8/1974: 76-82.

- CORMACI M., FURNARI G. & SCAMMACCA B., 1976 - Su alcune specie interessanti della flora algale della Sicilia orientale. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.* 31 (1-2): 177-186.
- DeCEW T.C., SILVA P.C. & WEST J.A., 1992a - Culture studies on the relationship between *Schizymenia* and *Haematocelis* (Gigartinales, Rhodophyceae) from the Pacific coast of North America. *J. Phycol.* 28: 558-566.
- DeCEW T.C., WEST J.A. & SILVA P.C., 1992b - The life history and anatomy of *Opuntietta californica* (Gigartinales, Rhodophyceae). *Phycologia* 31: 462-469.
- DIXON P.S. & IRVINE L.M., 1977 - *Seaweeds of the British Isles. I. Rhodophyta. Part 1.* British Museum (Nat. Hist.) London, 252 p.
- IMPELLIZZERI G., MANGIAFICO S., ORIENTE G., PIATELLI M., SCIUTO S., FATTORUSSO E., MAGNO S., SANTACROCE C. & SICA D., 1975 - Amino acids and low molecular weight carbohydrates of some marine red algae. *Phytochemistry* 14: 1549-1557.
- KYLIN H., 1941 - Californische Rhodophyceen. *Lunds Universitets Arskrift. N.F. Avd. 2.* 37 (2): 1-51.
- KYLIN H., 1956 - Die Gattungen der Rhodophyceen. *CWK Gleeup, Lund* xv + 673 p.
- SCIUTO S., PIATELLI M., CHILLEMI R., FURNARI G. & CORMACI M., 1979 - The implication of *Haematocelis rubens* J. Agardh in the life history of *Schizymenia dubyi* (Chauvin) J. Agardh (Rhodophyta, Gigartinales): a chemical study. *Phycologia* 18: 296-302.
- SETCHELL W.A., 1905 - Parasitic Florideae of California. *Nuova Notarista* 16: 59-63.
- SMITH M.G. & HOLLENBERG G.J., 1943 - On some Rhodophyceae from the Monterey peninsula, California. *American Journ. Bot.* 30: 211-222.
- SMITH G.M., 1944 - *Marine algae of the Monterey Peninsula, California.* Stanford, California, ix + 622 p.
- TAZAWA N., 1975 - A study of the male reproductive organ of the Florideae from Japan and its vicinity. *Scientific Papers of the Institute of Algological Research, Hokkaido Univ.* 6: 95-179, plate I-X.